

ANALISIS HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN PADA PERALATAN KESEHATAN



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MAYANG RIZQI AMBAGAPURI

D400160155

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN
PADA PERALATAN KESEHATAN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MAYANG RIZQI AMBAGAPURI

D400160155

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN
PADA PERALATAN KESEHATAN**

OLEH

MAYANG RIZQI AMBGAPURI

D400160155

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 6 April 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Jatmiko, M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Agus Supardi, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D. IPM

NIK/NIDN : 0630126302

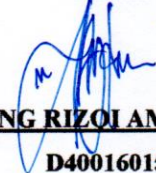
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 April 2020

Penulis



MAYANG RIZOL AMBAGAPURI

D400160155

ANALISIS HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN PADA PERALATAN KESEHATAN

Abstrak

Harmonisa dalam sistem kelistrikan dapat berdampak buruk bagi kualitas energi listrik yang disalurkan. Harmonisa disebabkan pengoperasian beban nonlinier. Indeks yang umum digunakan untuk mengukur suatu gelombang harmonisa adalah THD (*Total Harmonic Distortion*), merupakan ukuran nilai efektif komponen harmonisa dari bentuk gelombang sinus yang terdistorsi. THD diatur sesuai dengan standar IEEE 519-2014. Penelitian dilaksanakan dengan metode pengukuran langsung pada lima peralatan kesehatan rumah sakit dan laboratorium diantaranya *Echo Cardiac*, *Suction Apparatus*, *Infant Incubator*, *Infant Warmer*, *Warm Air*, *Furnace*, *Dissolution Tester*, *Disintegration Tester*, *Rotary Vacuum Pump*, dan *Oven Memmert* dengan menggunakan *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Hasil pengukuran pada alat ukur menunjukkan besar kandungan harmonisa tegangan, arus, THDv, THDi, dan *individual harmonic(%)* dari setiap ordenya. Berdasarkan data yang didapat kemudian dilakukan segmentasi data dan analisis melalui *Matlab Simulink R2019a* sehingga menunjukkan spektrum gelombang yang terdistorsi. Hasil dari pengukuran THDv dan THDi *Echo Cardiac* sebesar 0,5% dan 33,7%, THDv dan THDi *Suction Apparatus* sebesar 0,6% dan 8,7%, THDv dan THDi *Infant Incubator* sebesar 0,7% dan 6,2%, THDv dan THDi *Infant Warmer* sebesar 0,4% dan 3,7%, THDv dan THDi *Warm Air* sebesar 0,6% dan 2,3%, THDv dan THDi *Furnace* sebesar 2,1% dan 3,3%, THDv dan THDi *Dissolution Tester* sebesar 2,2% dan 2,3%, THDv dan THDi *Disintegration Tester* sebesar 2,3% dan 3,1%, THDv dan THDi *Rotary Vacuum Pump* sebesar 2% dan 8,9%, THDv dan THDi *Oven Memmert* sebesar 2% dan 3,7%. THDv yang paling besar pada *Disintegration Tester* yaitu sebesar 2,3% dan THDi paling besar pada *Echo Cardiac* yaitu sebesar 33,7%

Kata Kunci: Harmonisa, matlab, peralatan kesehatan, THD (*Total Harmonic Distortion*)

Abstract

Harmonics in the electrical system can have a negative impact on the quality of electrical energy supplied. Harmonics caused by operation nonlinear loads. Common index used to measure a wave of harmonics is THD (*Total Harmonic Distortion*), this is a measure of the effective value of the harmonic component of the distorted sinusoidal waveform. THD is set according by IEEE 519-2014 standards. This research was conducted with a measurement method on five medical electronic equipment namely, *Echo Cardiac*, *Suction Apparatus*, *Infant Incubator*, *Infant Warmer*, *Warm Air*, *Furnace*, *Dissolution Tester*, *Disintegration Tester*, *Rotary Vacuum Pump*, and *Oven Memmert* using *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. The results of measurement show a voltage, current harmonic, THDv, THDi, and individual harmonic of each orde. Based on data, then the data segmentation and analysis with *Matlab Simulink R2019a*, that show the distorted wave spectrum. The results of THDv and THDi *Echo Cardiac* measurement is 0.5% and 33.7%, THDv and THDi *Suction Apparatus* is 0.6% and 8.7%, THDv and THDi *Infant Incubator* is 0.7% and 6.2% , THDv and THDi *Infant Warmer* is 0.4% and 3.7%, THDv and THDi *Warm Air* is 0.6% and 2.3%. THDv and THDi *Furnace* is 2.1% and 3.3%, THDv and THDi *Dissolution Tester* is 2.2% and 2.3%, THDv and THDi *Disintegration Tester* is 2.3% and 3.1%, THDv and THDi *Rotary Vacuum Pump* is 2% and 8.9%, THDv and THDi *Oven Memmert* is 2% and 3.7%. The biggest THDv at *Disintegration Tester* that is 2.3% and the biggest THDi at *Echo Cardiac* that is 33.7%

Keywords: Harmonic, matlab, medical equipment, THD (*Total Harmonic Distortion*)

1. PENDAHULUAN

Perangkat listrik merupakan komponen yang sangat penting bagi kebutuhan masyarakat. Berbagai peralatan elektronika menjadi suatu kebutuhan untuk menjalankan aktivitas-aktivitas masyarakat, baik di lingkup rumah, sekolah, rumah sakit, gedung perkantoran dan sebagainya. Sebagai salah satu penunjang berlangsungnya aktivitas masyarakat, maka setiap perangkat elektronika harus memiliki keandalan atau kualitas daya energi listrik yang baik. Parameter untuk keandalan energi listrik salah satunya dilihat dari harmonisa yang terkandung pada sistem kelistrikannya.

Harmonisa merupakan distorsi gelombang sinus yang disebabkan karena penumpangan frekuensi kelipatan bilangan integer dari frekuensi fundamentalnya. Distorsi harmonisa salah satunya dapat disebabkan karena beban nonlinier dari suatu sistem daya (Dugan *et al*, 2003). Peralatan elektronika yang banyak digunakan oleh masyarakat dapat tergolong ke dalam beban nonlinier, yang mana mengandung inverter. Beban non-linier memiliki impedansi yang tidak konstan dalam setiap periode tegangan masukannya, maka arus yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan. (Putu *et al*, 2016).

Pengaruh dari beban nonlinier berdasarkan penelitian Erfina *et al* (2014) besarnya kandungan harmonisa pada beban nonlinier rumah tangga dapat menyebabkan penurunan kinerja alat ukur kWh meter, sehingga terjadi kesalahan hasil penunjukan alat ukur kWh. Menurut penelitian Syafrudin dan Arif (2018) hasil analisis distorsi harmonik mengakibatkan rugi-rugi daya pada panel bertambah proporsional terhadap besar arus komponen-komponen harmonik yang terdapat di arus beban. Dampak harmonisa dalam sistem tenaga mengakibatkan instrumen pengukuran dan peralatan pengendali mengalami perubahan redaman yang membuat perubahan kinerja operasi alat pengukur yang menjadi tidak akurat. (Mahrous *et al*, 2018)

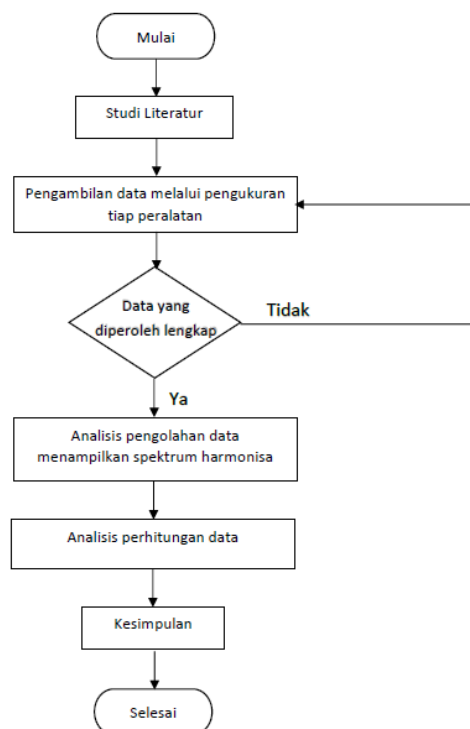
Penelitian Mohd Radzi *et al* (2018) melakukan penelitian uji pengukuran harmonisa untuk menentukan tingkat dalam laboratorium dan gedung kantor yang dihasilkan oleh berbagai beban non-linier yang kemudian diidentifikasi dengan standar harmonisa yang sesuai. Berdasarkan penelitian Wayan *et al* (2017) pengoprasian beban nonlinier pada sarana publik peralatan medis rumah sakit menimbulkan distorsi harmonisa yang tidak sesuai dengan standar IEEE yang berlaku dan berdampak pada meningkatnya *losses* transformator sebesar 4,953% dari total pembebanan trafo dan menurunnya efisiensi trafo dari 99,65% menjadi 95,04%.

Indeks harmonisa yang digunakan untuk menganalisa besarnya kandungan harmonisa arus dan tegangan adalah *Total Harmonic Distortion* (THD) yang merupakan nilai efektif dari bentuk gelombang. Sehingga besarnya kandungan THD akan mempengaruhi hasil gelombang yang terdistorsi dari masing-masing komponen.

Meninjau dari penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kandungan harmonisa akibat peralatan elektronika beban nonlinier dapat menimbulkan penurunan kualitas daya dari suatu sistem tenaga listrik, maka kandungan harmonisa atau ukuran THD harus disesuaikan dengan standar yang berlaku. Untuk membatasi standar yang berlaku adalah dengan membatasi injeksi arus harmonik oleh pengguna, distorsi tegangan dapat dijaga dalam tingkat yang seharusnya. (IEEE 519-2014). Asosiasi standar IEEE tentang persyaratan untuk kontrol harmonik dalam sistem tenaga listrik diatur dalam IEEE 519-2014.

Penelitian dilakukan pada Rumah Sakit dan Laboratorium Farmasi bagian peralatan pembuatan obat, bertujuan untuk mengetahui kandungan harmonisa yang ada pada beberapa peralatan kesehatan, sehingga dapat dianalisis besarnya THD dari hasil pengukuran dan perhitungan kemudian ditampilkan spektrum gelombangnya melalui *software Matlab Simulink R2019a*.

2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan sebagai penunjang pengambilan data pada beberapa peralatan kesehatan meliputi *Power Quality Analyzer Fluke 43B* sebagai alat pengukuran kandungan harmonisa setiap orde, stop kontak dan kabel *jumper* sebagai penunjang alat ukur untuk mengambil data pada peralatan kesehatan. Bahan dalam penelitian ini meliputi sepuluh peralatan dalam bidang kesehatan yaitu, *Echo Cardiac(USG Jantung) GE Logiq P7 Ultrasound Machine*, *Suction Apparatus*

YBDX23B, Infant Incubator YP-930, Infant Radiant Warmer, dan Warm Air Hypothermia System, Furnace Tanur, Dissolution Tester, Disintegration Tester, Rotary Vacuum Pump, dan Oven Memmert.

2.2 Pengukuran Peralatan

Pengukuran dilakukan menggunakan *Power Quality Analyzer*, dimana kabel stop kontak dirancang menjadi dua kabel fasa dan netral, untuk memudahkan pengukuran arus dibagian fasa. Masing-masing peralatan diukur dalam keadaan *power on*. Pengukuran tegangan dihubungkan pada fasa dan netral, pengukuran arus dihubungkan pada fasa.

2.3 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengukuran secara langsung pada peralatan kemudian dianalisis dengan melakukan segmentasi terlebih dahulu. Data besar orde, tegangan, arus tiap orde, dan sudut diinput melalui program yang ada pada *Software Matlab Simulink R2019a* untuk mendapatkan spektrum gelombang sehingga akan terlihat gelombang sinusoidal yang terdistorsi di gelombang tegangan maupun gelombang arus. Kemudian hasil harmonisa arus dan tegangan dihitung secara manual untuk mendapatkan THD setiap alat yang dibandingkan dengan THD_v dan THD_i hasil dari pengukuran.

2.4 Penentuan Standar Harmonisa

Standar harmonisa diatur dalam IEEE 519-2014 sesuai dengan tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Standar Distorsi Harmonisa Arus

Maximum harmonic Current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic order (odd harmonics)						
120 V – 69 kV						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	THD
<20c	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Tabel 2. Standar Distorsi Harmonisa Tegangan

Bus Voltage V	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distortion (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
$1 \text{ kV} < V \leq 69$ kV	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161$ kV	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Beban yang diteliti

1. Echo Cardiac USG jantung GE Logiq P7
Ultrasound Machine
Nominal Input Voltage : 100-240V
Frekuensi : 50/60Hz
Power Consumption Max: 400VA
2. Suction Apparatus YBDX23B
Input Voltage : 220 V
Frekuensi : 50Hz
3. Infant Incubator YP-930
Input Voltage : 220-230 V
I maksimal : 1.6 A
4. Infant Radiant Warmer GEA
Input Voltage : 220~230 Volt
Frekuensi : 50Hz
I Maksimal : 5 A
5. Warm Air Hypothermia System
Input Voltage : 230 V
Frekuensi : 50/60Hz
I Maksimal : 5.2 A
6. Furnace Tanur Thermo Termolyne
Input Voltage : 240 V
Frekuensi : 50/60 Hz
Power Max : 1450 Watt
7. Dissolution Tester DT-RC- 6 Seri
Input Voltage : 220 V
Frekuensi : 50 Hz
Power Max : 1200 Watt
8. Disintegration Tester BJ-3 Tablet
Input Voltage : 220 V
Frekuensi : 50 Hz
Power Max : 600 Watt
9. Rotary Vacuum Pump 5900622
Input Voltage : 220 V
Frekuensi : 50 Hz
Power : 370 Watt
10. Oven Memmert
Input Voltage : 230 V
Frekuensi : 50/60 Hz
Power Max : 2000 Watt

3.2 Hasil Pengukuran dan Perhitungan THD

Pengukuran dengan menggunakan *power quality analyzer* menunjukkan besar tegangan rms, arus rms, tegangan dan arus setiap orde, individual harmonisa, total distorsi harmonisa, dan besar sudut.

1. Echo Cardiac USG jantung GE Logiq P7 Ultrasound Machine

Hasil dari pengukuran yaitu besar tegangan rms 225,5 Volt, dan arus rms 1,1 A dengan THDv adalah 0,5% THDi sebesar 33,7%

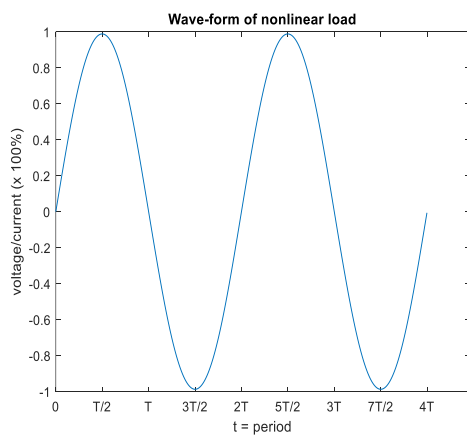
Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	225,5	99,2	0
2	100	0,2	0,1	-14
3	150	0,8	0,3	2
4	200	0,1	0,1	-105
5	250	0,7	0,2	173

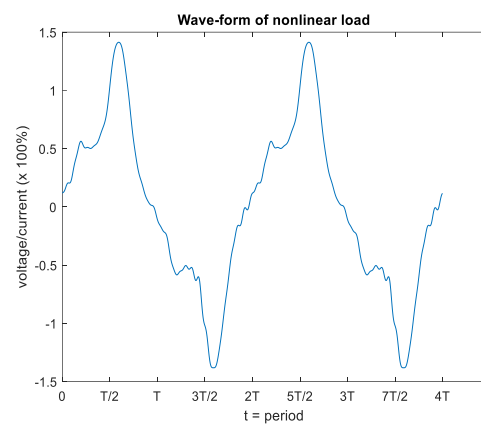
Tabel 4. Hasil pengukuran arus harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	1,07	94,2	0	16	800	0,01	0,6	-69
2	100	0,01	1,1	-116	17	850	0,01	0,8	-26
3	150	0,28	27,3	118	18	900	0,01	0,4	171
4	200	0,01	0,9	-640	20	1000	0,01	0,5	0
5	250	0,21	19,1	-93	21	1050	0,01	0,5	47
6	300	0,01	0,4	82	22	1100	0,01	0,5	139
7	350	0,02	3,6	68	24	1200	0,01	0,7	7
8	400	0,01	0,2	-89	25	1250	0,01	0,7	101
9	450	0,04	2,1	174	26	1300	0,01	0,7	176
11	550	0,02	2,1	76	27	1350	0,01	0,5	-132
13	650	0,01	1,0	-7	29	1450	0,01	0,9	137
14	700	0,01	0,5	164	30	1500	0,01	0,7	-146
15	750	0,01	0,7	10					

Berdasarkan data pengukuran, orde dengan harmonisa terbesar ada pada orde ketiga baik harmonisa arus dan tegangan. Data pada tabel diatas kemudian diinputkan ke software matlab untuk diketahui bagaimana bentuk gelombang harmonisa peralatan. Berikut hasil spektrum gelombang *Echo Cardiag* yang ditampilkan pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 3. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Perhitungan besar masing-masing THDv dan THDi dengan persamaan rumus (1) dan (2) :

THD v :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^N V_h^2}}{V_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^N I_h^2}}{I_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

Vh = Nilai tegangan harmonisa

V1 = Nilai tegangan fundamental

Ih = Nilai arus harmonisa

I1 = Nilai arus fundamental

Analisis perhitungan THDv berdasarkan hasil pengukuran tegangan:

$$\begin{aligned} THD_v &= \frac{\sqrt{0.2^2 + 0.8^2 + 0.7^2 + 0.1^2 + 0.3^2}}{225.5} \times 100 \\ &= \frac{\sqrt{1.27}}{225.5} \times 100\% \\ &= 0.499\% \end{aligned}$$

Perhitungan THDi berdasarkan hasil pengukuran arus :

$$\begin{aligned} THD_i &= \frac{\sqrt{0.01^2 + 0.28^2 + 0.01^2 + 0.21^2 + 0.01^2 + 0.02^2 + 0.01^2 + 0.04^2 + 0.02^2 + 0.01^2}}{1.07} \times 100 \\ &= \frac{\sqrt{0.1254}}{1.07} \times 100\% \\ &= 33.095\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran secara langsung, dengan faktor kesalahan perhitungan sebagai berikut :

THDv :

$$N = \frac{0.499}{0.5} \times 100 = 99.8\% \quad \text{Faktor kesalahan THDv} = 100 - 99.8\% = 0.2\%$$

THDi :

$$N = \frac{33.095}{33.7} \times 100 = 98.2\% \quad \text{Faktor kesalahan THDi} = 100 - 98.2\% = 1.8\%$$

2. Suction Apparatus YBDX23B

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms 227,5 Volt, dan arus rms 1,03 A dengan THDv adalah 0,6% dan THDi sebesar 9,8%

Tabel 5. Hasil pengkuran tegangan harmonisa

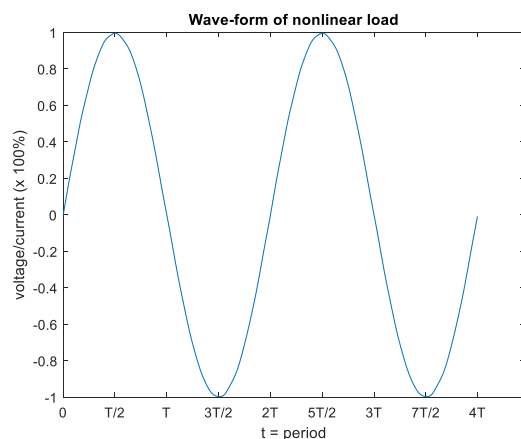
Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	223,2	100	0
2	100	0,5	0,2	28
3	150	0,9	0,4	8
4	200	0,1	0,1	-45
5	250	0,3	0,1	142

6	300	0,1	0,1	13
7	350	0,3	0,1	-109
11	550	0,3	0,1	166
13	650	0,1	0,1	-113
14	700	0,1	0,1	-31
16	800	0,1	0,1	-12
17	850	0,1	0,1	-101
18	900	0,1	0,1	-94

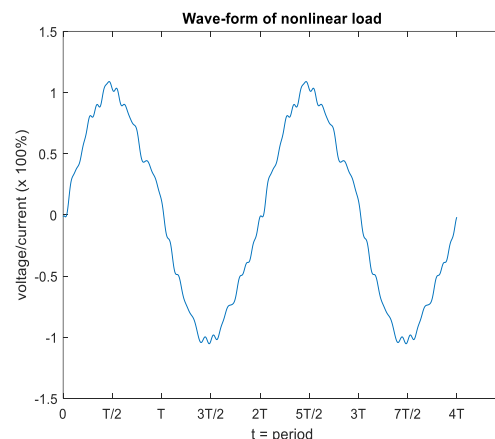
Tabel 6. Hasil pengukuran arus harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	1,02	99,6	0	13	650	0,04	1,9	175
2	100	0,01	1	175	14	700	0,01	0,3	-171
3	150	0,07	5,4	-115	15	750	0,01	1,6	-187
4	200	0,01	1	109	16	800	0,01	0,6	-169
5	250	0,02	2,5	-28	17	850	0,01	0,6	12
6	300	0,01	1,0	126	18	900	0,01	1,6	144
7	350	0,01	1,3	-59	19	950	0,01	0,6	34
8	400	0,01	1,3	136	21	1050	0,01	0,6	164
9	450	0,03	1,6	44	22	1100	0,01	1,0	117
10	500	0,01	1,3	11	23	1150	0,01	1,2	-97
11	550	0,02	1,5	-62	29	1450	0,01	1	103
12	600	0,01	1	9					

Hasil spektrum gelombang *Suction Apparatus* yang ditampilkan berada pada gambar 4 dan gambar 5



Gambar 4. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 5. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde dengan harmonisa terbesar ada pada orde ketiga baik harmonisa arus dan tegangan. Analisis perhitungan dihitung dengan rumus yang sama pada THDv dan THDi nya, dengan hasil pada THDv sebesar 0,55 % dan THDi sebesar 9,705% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THDv sebesar 8,33 % dan THDi 0,97%

3. Infant Incubator YP-930

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms 226,9 Volt, dan arus rms 1,5 Ampere, dengan THDv adalah 0,7% dan THDi 6,2%

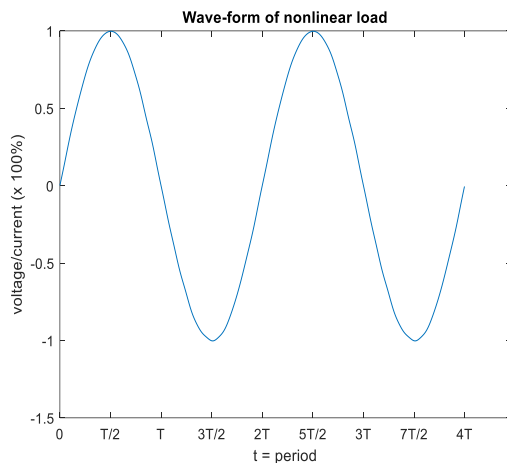
Tabel 7. Hasil pengukuran tegangan harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	226,9	100	0
2	100	0,3	0,2	21
3	150	0,7	0,3	60
4	200	0,1	0,1	-71
5	250	0,4	0,2	-89
6	300	0,3	0,1	-32
7	350	0,6	0,2	4
8	400	0,2	0,1	141
9	450	0,5	0,3	-33
11	550	0,2	0,1	137
12	600	0,3	0,1	-124
13	650	0,5	0,2	82
14	700	0,2	0,1	154
15	750	0,3	0,1	137
17	850	0,2	0,1	-142
18	900	0,2	0,1	38
19	950	0,3	0,1	-173

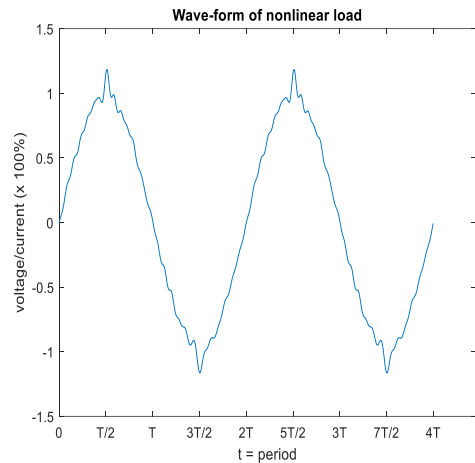
Tabel 8. Hasil pengukuran arus harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	1,46	99,8	0	17	850	0,02	1,2	-33
2	100	0,01	0,6	-1	18	900	0,01	0,6	115
3	150	0,03	2,0	165	19	950	0,02	1,2	-169
4	200	0,01	0,5	-136	20	1000	0,01	0,3	63
5	250	0,03	2,1	-19	21	1050	0,01	1,1	-10
6	300	0,01	0,6	-8	22	1100	0,01	0,6	-144
7	350	0,02	1,5	170	23	1150	0,01	1,1	163
8	400	0,01	0,5	-21	25	1250	0,01	1,1	32
9	450	0,03	2,0	-29	26	1300	0,01	0,5	-168
10	500	0,01	0,8	153	27	1350	0,01	0,8	95
11	550	0,02	1,4	159	28	1400	0,01	0,6	62
13	650	0,02	1,5	-50	29	1450	0,01	0,8	-58
14	700	0,01	0,5	-19	30	1500	0,01	0,3	177
15	750	0,02	1,5	136					

Hasil spektrum gelombang *Infant Incubator* yang ditampilkan berada pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 7. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, harmonisa terbesar di tegangan ada pada orde kedua selanjutnya diikuti pada orde ganjil, dan pada arus harmonisa terbesar berada orde ketiga kemudian diikuti orde ganjilnya. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Infant Incubator* adalah sebesar 0,65% dan 5,7% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THDv sebesar 7,14% dan THDi 8,1%

4. Infant Radiant Warmer GEA

Hasil pengukuran tegangan rms sebesar 225,1 Volt dan arus rms 3,0 Ampere, dengan THDv adalah 0,4% dan THDi 3,7%

Tabel 9. Hasil pengkuran tegangan harmonisa

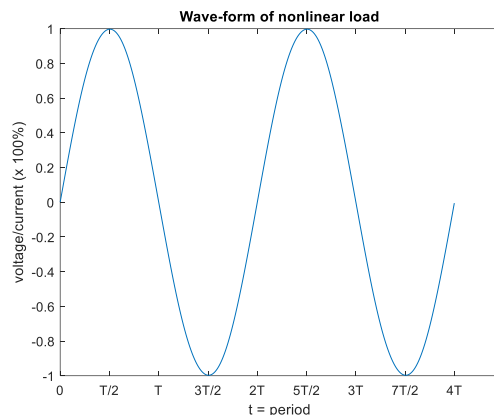
Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	220,5	100	0
2	100	0,2	0,1	-2
3	150	0,6	0,3	61
5	250	0,5	0,2	-137

Tabel 10. Hasil pengkuran arus harmonisa

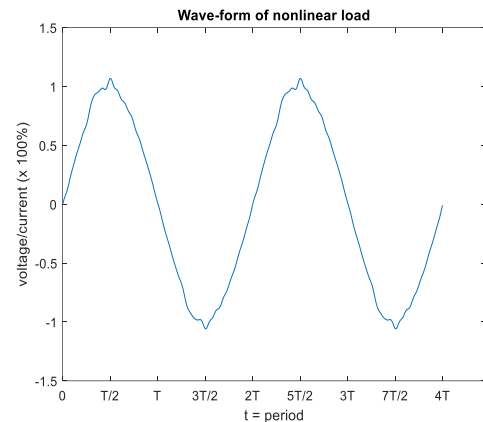
Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	3,05	99,9	0	17	850	0,01	0,2	-78
2	100	0,01	0,2	8	19	950	0,02	0,6	139
3	150	0,08	2,7	-135	20	1000	0,01	0,2	45
4	200	0,01	0,2	-169	21	1050	0,01	0,4	0
5	250	0,02	0,8	85	23	1150	0,01	0,4	-141
7	350	0,01	0,4	51	24	1200	0,01	0,1	59
8	400	0,01	0,1	68	25	1250	0,01	0,4	23
9	450	0,04	1,1	-61	26	1300	0,01	0,1	-40
10	500	0,01	0,1	-121	27	1350	0,01	0,4	139
11	550	0,04	1,2	146	28	1400	0,01	0,1	76

13	650	0,02	0,7	0	29	1450	0,01	0,2	-25
14	700	0,01	0,2	62	30	1500	0,01	0,1	-340
15	750	0,01	0,3	153					

Hasil spektrum gelombang *Infant Radiant Warmer* yang ditampilkan berada pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 9. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde dengan harmonisa terbesar ada pada orde ketiga baik harmonisa arus dan tegangan Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Infant Radiant Warmer* adalah sebesar 0,36% dan 3,6% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THD v sebesar 8,5% dan THDi 2,7%

5. Warm Air Hyperthermia System

Hasil pengukuran tegangan rms 227,1 Volt dan arus rms 5,3 Ampere dengan THDv adalah 0,6% dan THDi 2,3%

Tabel 11. Hasil pengukuran tegangan harmonisa

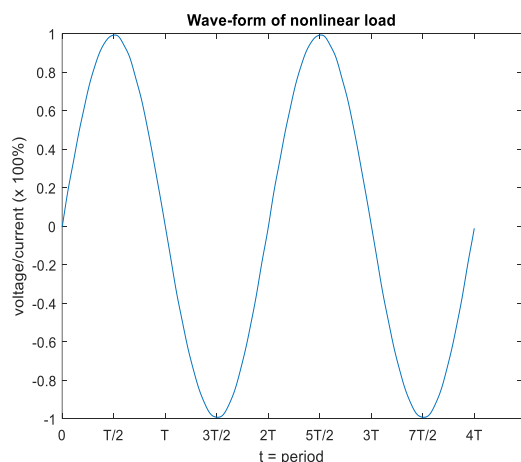
Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	227,1	99,2	0
2	100	0,4	0,2	10
3	150	0,7	0,2	64
4	200	0,1	0,1	147
5	250	0,5	0,2	-16
6	300	0,2	0,1	105
8	400	0,3	0,2	48
9	450	0,2	0,1	-88
11	550	0,3	0,1	-90
13	650	0,3	0,1	-84
14	700	0,2	0,1	-83
16	800	0,2	0,1	-19
17	850	0,2	0,1	-120

18	900	0,1	0,1	-86
19	950	0,2	0,1	-33
20	1000	0,1	0,1	-109

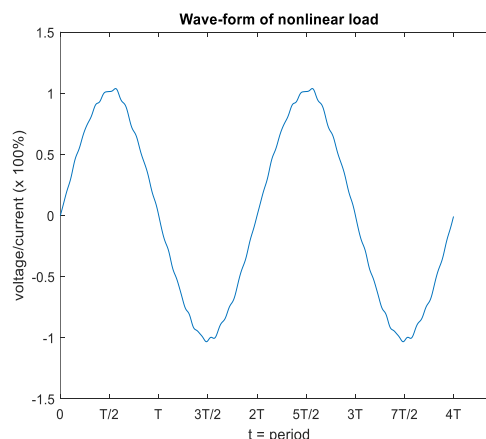
Tabel 12. Hasil pengukuran arus harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	5,19	100	0	16	800	0,01	0,2	-86
2	100	0,03	0,5	-139	18	900	0,01	0,3	123
3	150	0,08	1,6	171	19	950	0,01	0,1	-54
4	200	0,03	0,6	11	20	1000	0,01	0,1	-67
5	250	0,03	0,6	-32	21	1050	0,01	0,2	93
6	300	0,03	0,6	-175	22	1100	0,01	0,1	126
7	350	0,02	0,4	111	23	1150	0,01	0,2	170
8	400	0,02	0,4	-115	25	1250	0,01	0,1	-27
9	450	0,01	0,2	-82	26	1300	0,01	0,1	107
10	500	0,01	0,2	65	27	1350	0,01	0,2	142
11	550	0,01	0,2	40	28	1400	0,01	0,1	16
12	600	0,01	0,2	117	29	1450	0,01	0,2	56
13	650	0,01	0,1	94	30	1500	0,01	0,1	-136
14	700	0,01	0,2	154					

Hasil spektrum gelombang *Warm Air Hyperthermia System* yang ditampilkan berada pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 11. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde harmonisa terbesar pada tegangan ada pada orde ketiga dan kelima, dan pada arus harmonisa terbesar pada orde ketiga. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Warm Air* adalah sebesar 0,53% dan 2,2% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THD v sebesar 11,6% dan THDi 4,4%.

6. Furnace Tanur Thermo Termolyne

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms adalah 211,2 Volt dan arus rms 2,8 Ampere besar THDv adalah 2,1% ; THDi sebesar 3,3%

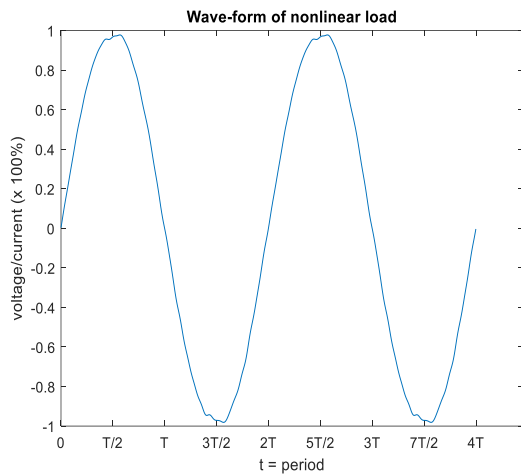
Tabel 13. Hasil pengukuran tegangan harmonisa Furnace

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	211,0	100	0	15	750	0,2	0,1	165
2	100	0,2	0,1	-153	16	800	0,1	0,1	-51
3	150	3,6	1,7	65	18	900	0,2	0,1	-52
4	200	0,1	0,1	-161	19	950	0,3	0,1	169
5	250	1,8	0,9	-153	20	1000	0,3	0,1	-21
6	300	0,3	0,1	53	21	1050	0,1	0,1	-145
7	350	0,6	0,3	194	23	1150	0,1	0,1	58
8	400	0,2	0,1	-119	24	1200	0,1	0,1	103
9	450	1	0,5	148	26	1300	0,2	0,1	-172
10	500	0,4	0,2	-14	27	1350	0,2	0,1	50
11	550	0,4	0,2	-65	28	1400	0,1	0,1	53
12	600	0,2	0,1	66	29	1450	0,2	0,1	15
13	650	0,6	0,3	-105	30	1500	0,1	0,1	-161
14	700	0,2	0,1	-100					

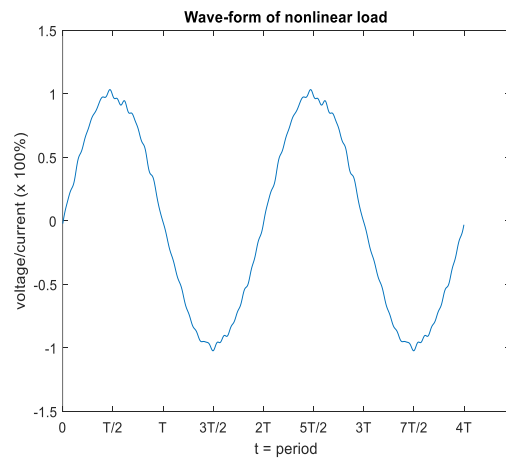
Tabel 14. Hasil pengukuran arus harmonisa Furnace

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	2,77	100	0	16	800	0,01	0,5	-63
2	100	0,02	0,6	-106	17	850	0,01	0,5	2
3	150	0,04	1,3	-49	18	900	0,02	0,6	-30
4	200	0,01	0,5	-109	19	950	0,02	0,6	-132
5	250	0,03	1	118	20	1000	0,01	0,3	23
6	300	0,01	0,5	-15	21	1050	0,01	0,3	-120
7	350	0,01	0,2	-50	22	1100	0,01	0,5	120
8	400	0,01	0,5	171	23	1150	0,01	0,5	-89
9	450	0,02	0,6	47	24	1200	0,01	0,2	-117
10	500	0,01	0,3	77	25	1250	0,01	0,3	168
11	550	0,01	0,2	-176	26	1300	0,01	0,3	95
12	600	0,01	0,3	-126	27	1350	0,01	0,3	10
13	650	0,01	0,3	26	28	1400	0,02	0,6	-88
14	700	0,01	0,5	-2	29	1450	0,01	0,5	38
15	750	0,01	0,3	-156	30	1500	0,01	0,5	23

Hasil spektrum gelombang *Furnace Tanur* yang ditampilkan berada pada gambar 12 dan gambar 13.



Gambar 12. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 13. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde dengan harmonisa terbesar ada pada orde ketiga baik harmonisa arus dan tegangan. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Furnace Tanur* adalah sebesar 2,06% dan 3,24% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THDv sebesar 1,91% dan THDi 1,82%

7. Dissolution Tester RC 6D

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms adalah 220,5 Volt dan arus rms 4,6 Ampere, dengan THDv adalah 2,2% ; THDi sebesar 3,1%

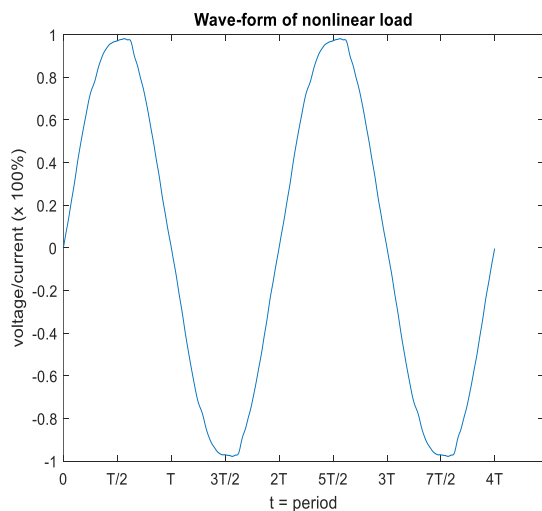
Tabel 15. Hasil pengukuran tegangan harmonisa Dissolution Tester

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	220,5	100	0	15	750	0,6	0,3	-141
2	100	0,3	0,1	-165	16	800	0,1	0,1	20
3	150	2,7	1,2	57	17	850	0,4	0,2	33
4	200	0,2	0,1	13	19	950	0,1	0,1	25
5	250	3,5	1,6	-150	21	1050	0,4	0,2	-105
6	300	0,1	0,1	119	23	1150	0,3	0,1	101
7	350	0,3	0,1	169	25	1250	0,2	0,1	133
9	450	1,8	0,8	174	27	1350	0,2	0,1	-33
11	550	0,8	0,3	-12	29	1450	0,1	0,1	106
13	650	0,1	0,1	124					

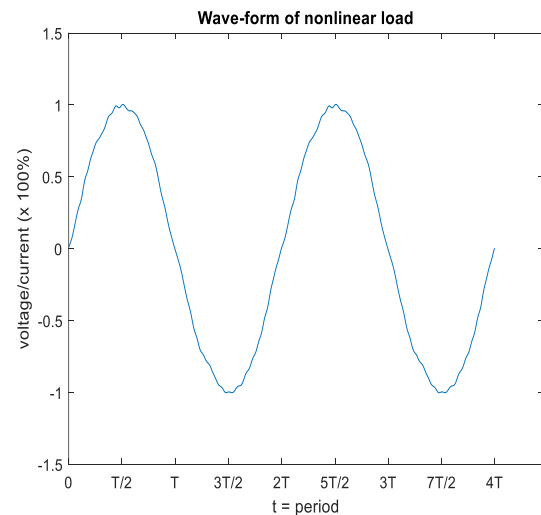
Tabel 16. Hasil pengukuran arus harmonisa Dissolution Tester

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	4,65	100	0	17	850	0,01	0,1	0
2	100	0,01	0,1	-153	18	900	0,01	0,2	-52
3	150	0,09	1,3	65	19	950	0,02	0,2	169
4	200	0,01	0,3	-161	20	1000	0,01	0,1	-21
5	250	0,03	0,7	-153	21	1050	0,01	0,2	-145
6	300	0,01	0,3	53	22	1100	0,01	0,2	143
7	350	0,08	1,6	194	23	1150	0,01	0,2	58
8	400	0,01	0,2	-119	24	1200	0,01	0,2	103
9	450	0,04	0,8	148	25	1250	0,01	0,1	124
10	500	0,01	0,1	-14	26	1300	0,01	0,3	-172
11	550	0,01	0,3	-65	27	1350	0,01	0,2	50
13	650	0,01	0,2	-105	28	1400	0,01	0,2	53
14	700	0,01	0,1	-100	29	1450	0,01	0,1	15
15	750	0,02	0,3	165	30	1500	0,01	0,1	-161
16	800	0,01	0,1	-51					

Hasil spektrum gelombang *Dissolution Tester* yang ditampilkan berada pada gambar 14 dan gambar 15.



Gambar 14. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 15. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde harmonisa terbesar pada tegangan terdapat di orde kelima, dan pada arus harmonisa terbesar pada orde ketujuh. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Dissolution Tester* adalah sebesar 2,2% dan 2,97% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THD v sebesar 0% dan THDi 4,13%.

8. Disintegration Tester U3

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms adalah 222,0 Volt dan arus rms 2,35 Ampere, dengan THDv adalah 2,3% ; THDi sebesar 3,1%

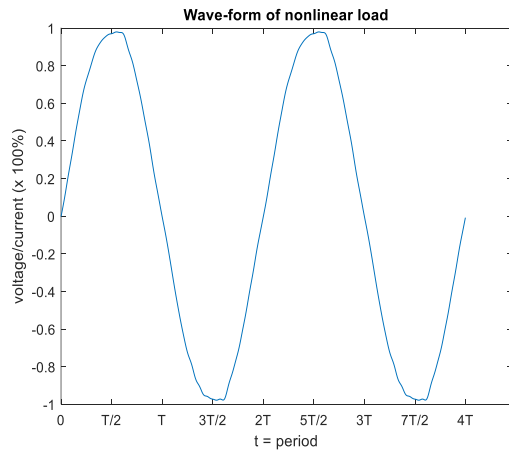
Tabel 17. Hasil pengukuran tegangan harmonisa Disintegration Tester

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	222,4	100	0	15	750	0,6	0,3	-135
2	100	0,3	0,1	-173	16	800	0,1	0,1	-137
3	150	2,7	1,2	51	17	850	0,1	0,1	17
4	200	0,3	0,1	-71	19	950	0,2	0,1	95
5	250	3,7	1,7	-147	20	1000	0,1	0,1	-154
6	300	0,2	0,1	153	21	1050	0,4	0,2	-79
7	350	0,3	0,1	134	23	1150	0,1	0,1	94
9	450	1,6	0,7	179	24	1200	0,1	0,1	-101
10	500	0,1	0,1	-69	25	1250	0,2	0,1	126
11	550	0,5	0,2	-25	27	1350	0,3	0,1	-44
12	600	0,1	0,1	21	28	1400	0,1	0,1	50
13	650	0,3	0,1	122	29	1450	0,2	0,1	109

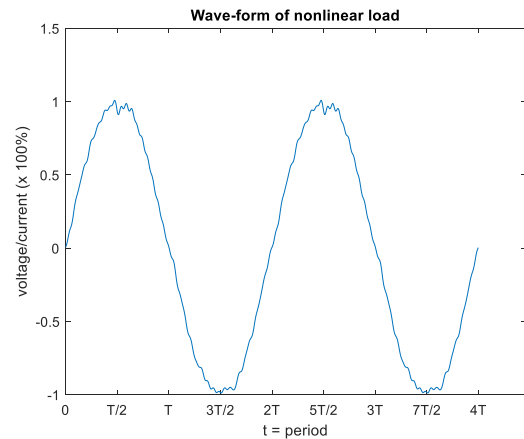
Tabel 18. Hasil pengukuran arus harmonisa Disintegration Tester

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	2,35	100	0	16	800	0,01	0,1	-100
2	100	0,01	0,6	62	17	850	0,01	0,3	79
3	150	0,02	1,0	39	18	900	0,01	0,4	50
4	200	0,01	0,4	56	19	950	0,01	0,2	-164
5	250	0,04	1,8	-164	20	1000	0,01	0,3	-118
6	300	0,01	0,4	16	21	1050	0,01	0,5	151
7	350	0,01	0,4	-103	22	1100	0,01	0,4	-31
8	400	0,01	0,4	-76	23	1150	0,01	0,3	7
9	450	0,02	0,9	149	24	1200	0,01	0,2	168
10	500	0,01	0,2	157	25	1250	0,01	0,6	63
11	550	0,01	0,7	-92	26	1300	0,01	0,3	102
12	600	0,01	0,3	-143	27	1350	0,01	0,2	-52
13	650	0,01	0,4	133	28	1400	0,02	0,3	-86
14	700	0,01	0,3	39	29	1450	0,01	0,2	-111
15	750	0,01	0,3	173	30	1500	0,01	0,2	178

Hasil spektrum gelombang *Disintegration Tester* yang ditampilkan berada pada gambar 16 dan gambar 17.



Gambar 16. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 17. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde harmonisa terbesar pada orde kelima baik harmonisa tegangan maupun harmonisa arus. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Disintegration Tester* adalah sebesar 2,25% dan 3,09% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THDv sebesar 2,2% dan THDi 0,33%

9. Rotary Vacuum Pump

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms 213,9 Volt dan arus rms 1,41 Ampere, dengan THDv sebesar 2,0% dan THDi sebesar 8,9%

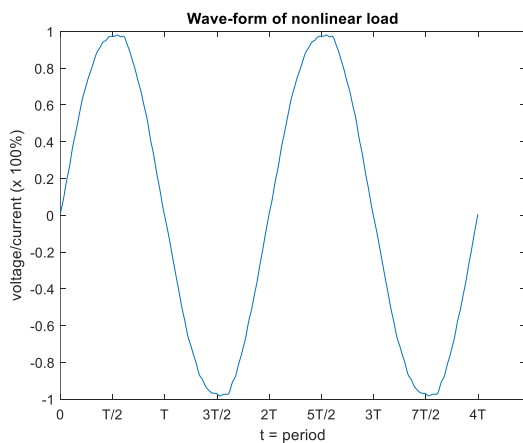
Tabel 19. Hasil pengukuran tegangan harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	213,8	100	0	15	750	0,6	0,2	-145
2	100	0,3	0,1	108	17	850	0,2	0,1	117
3	150	3,1	1,4	49	18	900	0,2	0,1	-30
4	200	0,2	0,1	-11	19	950	0,3	0,1	99
5	250	2,4	1,1	-149	21	1050	0,1	0,1	-61
6	300	0,2	0,1	-64	22	1100	0,1	0,1	62
7	350	0,4	0,2	57	23	1150	0,2	0,1	135
8	400	0,3	0,1	2	24	1200	0,2	0,1	-125
9	450	1,3	0,6	167	25	1250	0,2	0,1	-144
10	500	0,2	0,1	48	26	1300	0,1	0,1	-92
11	550	0,2	0,1	2	27	1350	0,2	0,1	0
12	600	0,1	0,1	147	28	1400	0,2	0,1	170
13	650	0,3	0,1	97	29	1450	0,4	0,2	135
14	700	0,1	0,1	-131					

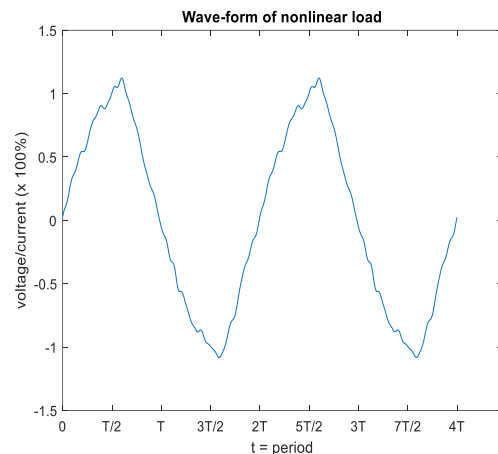
Tabel 18. Hasil pengukuran arus harmonisa

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °	Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	1,37	99,9	0	17	850	0,01	0,5	-51
2	100	0,01	0,9	-171	18	900	0,01	0,5	-66
3	150	0,09	6,8	117	19	950	0,01	0,5	177
4	200	0,01	0,5	25	20	1000	0,01	0,6	-64
5	250	0,04	3,5	-111	21	1050	0,01	0,8	102
6	300	0,01	0,3	-22	22	1100	0,01	0,3	-52
7	350	0,05	1,8	19	23	1150	0,01	0,6	80
8	400	0,02	0,9	-68	24	1200	0,01	0,3	-16
9	450	0,01	1,5	-101	25	1250	0,01	0,3	-7
10	500	0,01	0,3	-132	26	1300	0,01	0,3	110
11	550	0,01	0,7	61	27	1350	0,01	0,6	51
13	650	0,02	1,3	82	29	1450	0,01	0,3	-95
14	700	0,01	0,5	-149	30	1500	0,01	0,3	109
15	750	0,01	0,6	-117					

Hasil spektrum gelombang *Vacuum Pump* yang ditampilkan berada pada gambar 18 dan gambar 19.



Gambar 18. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 19. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde harmonisa terbesar pada orde ketiga baik harmonisa tegangan maupun harmonisa arus. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Vacuum Pump* adalah sebesar 2,0% dan 8,9% dengan faktor kesalahan antara perhitungan dengan pengukuran THDv dan THDi 0%

10. Oven Memmert

Hasil dari pengukuran besar tegangan rms 210,7 Volt dan arus rms 5,19 Ampere, dengan THDv sebesar 2,0% dan THDi sebesar 3,7%

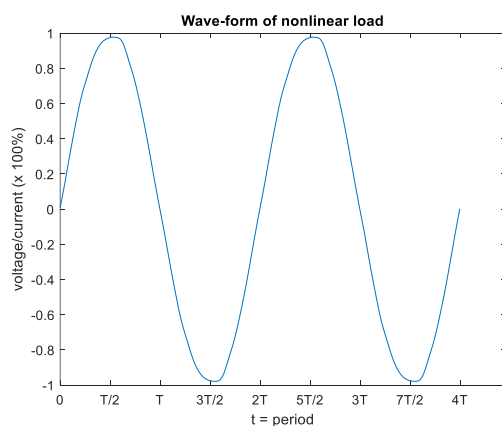
Tabel 21. Hasil pengukuran tegangan harmonisa Oven Memmert

Orde	Frekuensi (Hz)	Tegangan (volt)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	210,7	100	0
2	100	0,4	0,2	15
3	150	3,5	1,6	43
5	250	2,0	0,9	-143
7	350	0,3	0,1	64
9	450	1,2	0,6	178
11	550	0,2	0,1	-4
13	650	0,2	0,1	96
15	750	0,4	0,2	-138
19	950	0,1	0,1	98

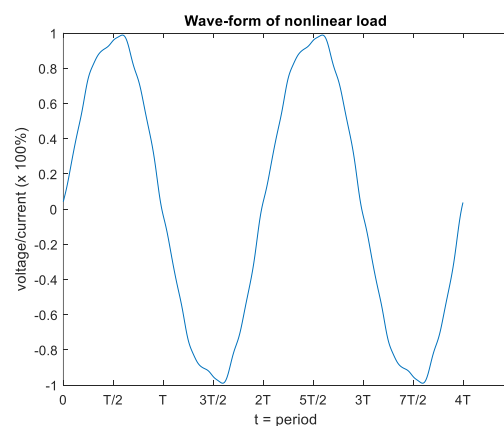
Tabel 22. Hasil pengukuran arus harmonisa Oven Memmert

Orde	Frekuensi (Hz)	Arus (Ampere)	Individual Harmonic (%)	Sudut °
1	50	5,19	100	0
2	100	0,02	0,1	-36
3	150	0,11	3,2	43
4	200	0,01	0,2	95
5	250	0,09	1,8	-157
7	350	0,08	2,0	82
8	400	0,03	0,1	130
9	450	0,07	0,5	156
11	550	0,01	0,1	-57
13	650	0,03	0,6	142
15	750	0,04	0,8	170
21	1050	0,01	0,1	-138
23	1150	0,01	0,1	-177

Hasil spektrum gelombang *Oven Memmert* yang ditampilkan berada pada gambar 20 dan gambar 21.



Gambar 20. Hasil gelombang tegangan terdistorsi



Gambar 21. Hasil gelombang arus terdistorsi.

Berdasarkan data pengukuran, orde harmonisa terbesar pada orde ketiga baik harmonisa tegangan maupun harmonisa arus. Hasil perhitungan THDv dan THDi pada *Oven Memmert* adalah sebesar 2,0% dan 3,64% dengan perbandingan antara perhitungan dengan pengukuran THDv sebesar 0% dan THDi 1,63%

Tabel 23. Perbandingan THD hasil pengukuran dengan perhitungan

Nama Alat	THD Pengukuran		THD Perhitungan	
	THDv	THDi	THDv	THDi
Echo Cardiac	0,5%	33,7%	0,49%	33,095%
Suction Apparatus	0,6%	9,8%	0,55%	9,705%
Infant Incubator	0,7%	6,2%	0,65%	5,7%
Infant Radiant Warmer	0,4%	3,7%	0,36%	3,6%
Warm Air	0,6%	2,3%	0,53%	2,2%
Furnace Tanur	2,1 %	3,3%	2,06%	3,24%
Dissolution Tester	2,2%	3,1%	2,2%	2,97%
Disintegration Tester	2,3%	3,1%	2,25%	3,09%
Rotary Vacuum Pump	2%	8,9%	2,0%	8,9%
Oven Memmert	2%	3,7%	2,0%	3,64%

Data yang diperoleh dari pengukuran secara langsung, menunjukkan kandungan THDv yang paling besar dari kesepuluh alat yang diukur terdapat pada alat *Disintegration Tester* sebesar 2,3%. Berdasarkan standar IEEE, THD tegangan dari kesepuluh alat masih memenuhi standar yang berlaku, dimana THDv berada dalam angka dibawah 5%. Kandungan THDi terbesar ada pada *Echo Cardiac* sebesar 33,7% yang mana sudah melebihi dari standar yang ditentukan. Alat *Echo Cardiac* penyalannya dibantu dengan perangkat UPS (*Uninterruptible Power Supplies*) yang melindungi alat agar ketika terjadi listrik padam alat tetap stabil kondisinya, akan tetapi didalam UPS terdapat inverter pengubah arus DC ke AC yang mana merupakan salah satu pemicu timbulnya harmonisa, sehingga berdasarkan pengukuran alat *Echo Cardiac* memiliki nilai harmonisa yang tinggi, dan gelombang arus yang dihasilkan terdistorsi dan berbentuk tidak sinusoidal.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beberapa peralatan rumah sakit dan laboratorium farmasi yang diuji merupakan beban nonlinier yang menghasilkan harmonisa. Masing-masing peralatan elektronika kesehatan ini memiliki kandungan harmonisa yang berbeda-beda. Besar kandungan harmonisa tegangan dan arus membuat gelombang menjadi tidak sinusoidal. Pada masing-masing peralatan hasil gelombang tegangan masih berbentuk sinusoidal karena besar THDv

yang cenderung kecil dan masih memenuhi standar, dimana hasilnya kurang dari 5%, sedangkan arus dibebepada alat hasil gelombang tidak sinusoidal, sehingga kandungan THD mempengaruhi hasil gelombangnya. Hasil pengukuran didapatkan alat *Echo Cardiac* memiliki kandungan THDi yang paling besar diantara keempat alat yang lain, dan telah melewati batas standar yang ditentukan, yaitu sebesar 33,7% sedangkan THDv yang paling besar adalah alat *Disintegration Tester* sebesar 2,3%

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan syukur dan terimakasih kepada Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah memberikan segala rahmat, bantuan dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Keluarga, saudara, sahabat kerabat, dan teman-teman yang selalu memberikan doa, bantuan, semangat, dan motivasi. Bp Umar, S.T,M.T selaku dosen pembimbing yang membantu memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir, serta kepada seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro yang telah memberikan nasihat, bantuan, dan pelajaran selama masa pengerjaan tugas akhir dan masa perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Widiastara, W. A., Rinas, I. W. and Sukerayasa, I. W. (2017) 'Analisis Pengaruh Total Harmonic Distortion Terhadap Losses dan Efisiensi Transformator RSUD Kabupaten Klungkung', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(1), p. 107. doi: 10.24843/mite.1601.15.
- Dugan R C et al. 2003. *Electrical Power System Quality- Second Edition*. The McGraw-Hill.
- Elektro, J. T., Teknik, F. and Udayana, U. (2016) 'Analisis pengaruh pengoperasian beban- beban non linier terhadap distorsi harmonisa pada blue point bay villa & spa', 3(1), pp. 54–59.
- IEEE Std. 519-2014 (2014) 'IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems', *IEEE Std. 519-2014*, 2014.
- Soemarwanto, Arfinna Cahyani., Soeprapto (2014) 'Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan KWh Meter Digital 1 Fasa', *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 2(1).
- Mohd Radzi, M. Z., Azizan, M. M. and Ismail, B. (2019) 'Observatory case study on total harmonic distortion in current at laboratory and office building', *Journal of Physics: Conference Series*, 1432, p. 012008. doi: 10.1088/1742-6596/1432/1/012008.
- Syafrudin, R., Haidlir, A. and Rachman, A. (2018) 'Analisis Total Harmonik Distorsi Pada Panel Acpdb Akibat Beban Non Linear', 13(2), pp. 33–44.
- Taher, M. A., Kamel, S., Ali, Z. M., & Jurado, F. (2018). *Harmonic Mitigation and Power Factor Correction: Case study of the Mubarak Pumping Station in Egypt*. (February). <https://doi.org/10.12986/IJPEE.2018.001>